

第二章 氣候變遷衝擊情形

2.1 整體氣候變遷趨勢及衝擊

一、全球氣候變遷趨勢

依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）2021年8月公布之氣候變遷第六次評估報告（IPCC AR6）第一工作小組報告「氣候變遷物理科學」顯示：人類對大氣、海洋及陸地暖化的影響乃無庸置疑。大氣、海洋、冰雪圈與生物圈已發生廣泛且快速的變遷，且近期的地球氣候系統與其各面向的變遷程度是過去數世紀至數千年來前所未有的，人為氣候變遷已影響世界各地許多極端天氣與氣候事件（如熱浪、豪雨、乾旱、熱帶氣旋），相關觀測及其受人為影響的證據更加顯著。

依據 IPCC 評估，無論何種排放與社會經濟發展情境的假設，各國氣候模式模擬推估結果顯示，即使幾十年內大幅減少溫室氣體排放或增加碳吸收，全球朝向2050淨零目標邁進，全球溫度亦將持續增溫至少到本世紀中，和工業革命時期相比全球將增溫1.5°C，甚至到2.0°C。唯有全球在2050年確實達到淨零排放，全球暖化程度才有機會於21世紀末降回1.5°C（和工業革命時期相比）。

全球暖化下將造成氣候系統諸多面向的變遷，包括極端高溫、海洋熱浪、豪雨、區域農業與生態乾旱的發生頻率與強度增加；熱帶氣旋（颱風）減少但強烈熱帶氣旋比例增加、以及北極海冰、雪蓋與永凍土的減少等。暖化將進一步改變全球水循環，其中包括水循環變異度、全球季風降雨、乾濕事件的嚴重程度，且會導致其他的現象的變遷，尤其是海洋、冰層以及全球海平面等，在未來數世紀至數千年皆為不可逆轉過程。伴隨著全球暖化加劇，各區域預計將更頻繁面臨複數氣候衝擊驅動因子及複合性變遷。且不能排除冰層崩解、海洋環流劇變、複合性極端事件之可能性及影響。

另該報告亦指出氣候系統急遽變化或不可逆變化之可能性與影響，可能在達到臨界點時觸發，並隨著全球暖化加劇而增加風險。

隨著全球暖化亦隨之增加物種滅絕或生態系統中生物多樣性喪失風險，包括森林、珊瑚礁、北極地區。

IPCC 報告亦提供各區域的關鍵氣候資訊，針對亞洲地區的氣候變遷未來變遷趨勢評估摘錄如下：

- **溫度**：極端高溫事件將會增加、冷事件減少
- **降水**：極端降水、平均降水、洪水事件將會增加
- **風場**：地面風速下降；熱帶氣旋的數量減少但強度增加
- **海岸與海洋**：推估海平面上升造成沿岸地區洪水增加、海岸線倒退；海洋熱浪增加、珊瑚白化及物種棲地喪失。

二、臺灣氣候變遷趨勢及衝擊

國家科學委員會氣候變遷科研團隊依據 IPCC AR6 報告與國內最新資料進行之臺灣氣候變遷變遷趨勢與本地氣候變遷衝擊評估情形 (https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ipcc_ar6.aspx)，摘錄重點如下：

根據中央氣象局觀測資料分析顯示，臺灣年平均氣溫於過去 110 年（1911-2020 年）上升約 1.6°C，近 50 年及近 30 年增溫呈現加速趨勢（圖 2-1）。在四季分布方面，21 世紀初夏季長度已增加至約 120-150 天，冬季長度則縮短約 70 天，且近年來冬季甚至縮短至約 20-40 天（圖 2-2）。

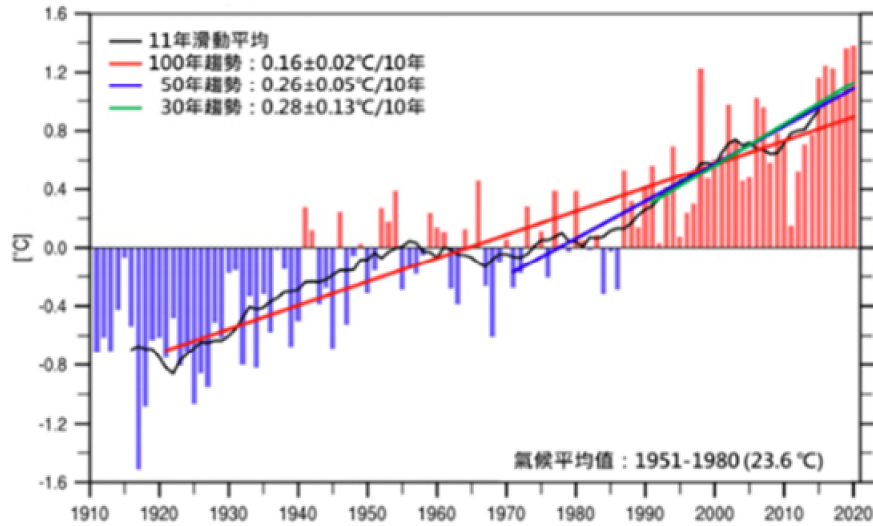


圖2-1、臺灣年平均氣溫變化趨勢

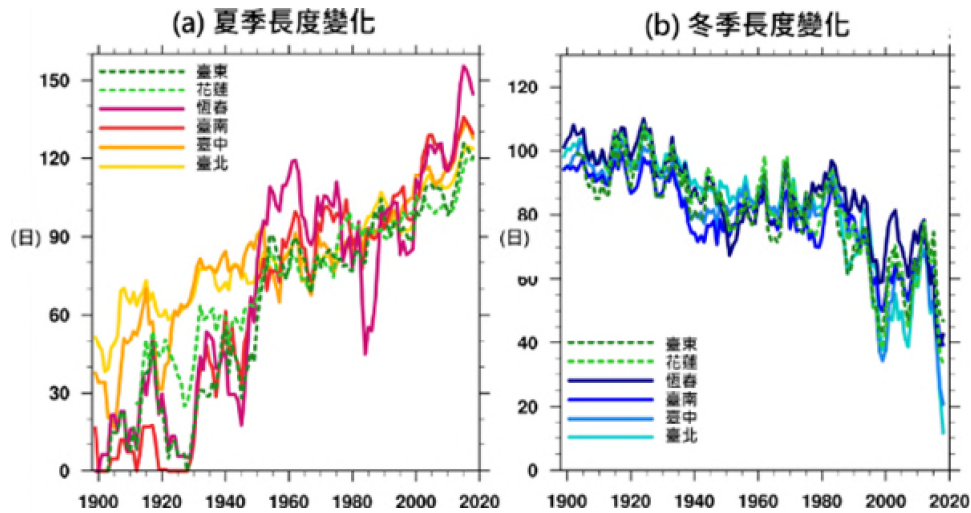


圖2-2、臺灣冬夏兩季長期變遷趨勢

在降雨方面，年總降雨量趨勢變化不明顯，但1961-2020年間少雨年發生次數明顯比1960年前時期增加，其中年最大1日暴雨強度在1990-2015年間，強度與頻率均呈現明顯增加趨勢（圖2-3）；另與乾旱有關之年最大連續不降雨日數趨勢變化明顯，過去110年增加約5.3日最大連續不降雨日數（圖2-4）。

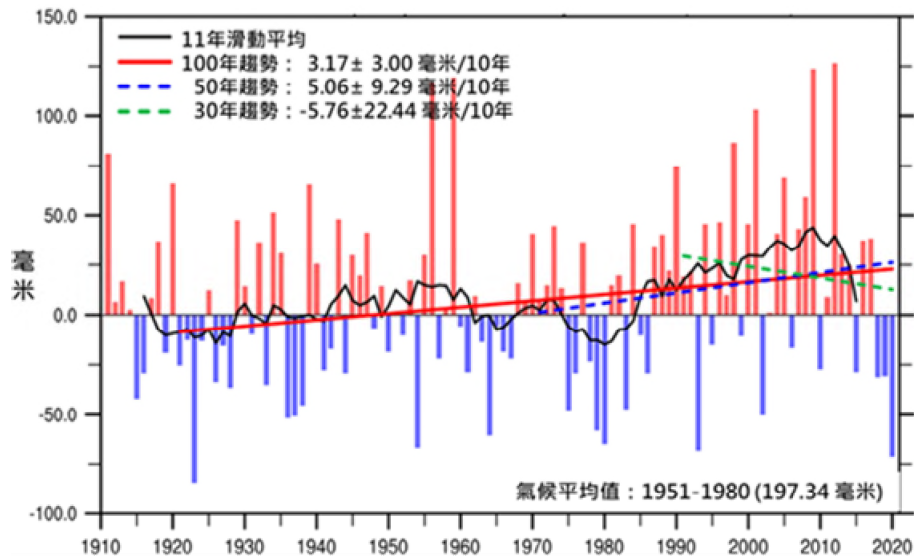


圖2-3、臺灣年最大1日暴雨變化趨勢

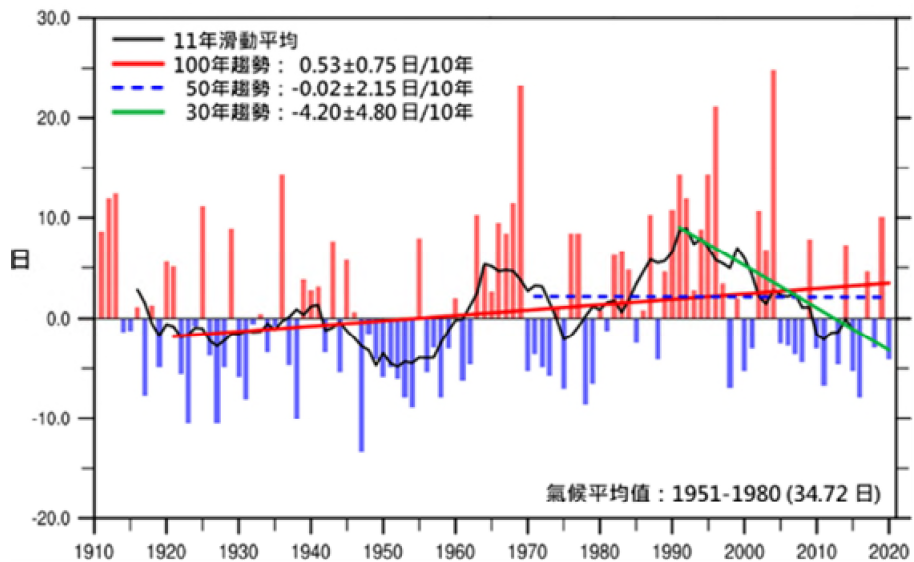


圖2-4、臺灣年最大連續不降雨日數變化趨勢

依據本土氣候變遷模擬與未來推估分析，依據 IPCC AR6 的最新資料顯示，全球高度排放溫室氣體的最劣暖化情境（SSP5-8.5）與理想減緩情境（SSP1-2.6）相比較，前者對我國衝擊程度將明顯大於後者。

在氣溫方面，最劣情境下，於本世紀末高溫達 36°C 以上日數將較基期增加約48天；理想減緩情境下，增加天數降為6.6天（圖2-5）；於四季分布方面，夏季長度從約130天增長至155-210天，冬季

長度從約70天減少至0-50天，變遷趨勢於最劣暖化情境下顯著，理想減緩情境下則相對緩和（圖2-6）；

與災害衝擊有關之「年最大1日暴雨強度」方面，在最劣情境下之21世紀末強度增加約41.3%，理想減緩情境下，暴雨強度增加幅度約為15.3%（圖2-7）。最劣情境（AR5 RCP8.5暖化情境）下於本世紀中及本世紀末，影響臺灣地區颱風個數將減少約15%、55%，但強颱比例將增加100%、50%，颱風降雨改變率將增加約20%、35%，（圖2-8）。未來最劣暖化情境（AR5 RCP8.5暖化情境）下，本世紀末颱風風速約增強2%~12%，平均增強8%。因其先天地理環境，臺灣沿岸地區颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，颱風暴潮衝擊則以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，故於升溫情境下，其衝擊皆高於其他地區。據 IPCC AR6升溫2°C 情境顯示，臺灣周邊海域海平面上升約0.5公尺，於升溫4°C 情境將導致海平面上升1.2公尺。

與乾旱水資源有關的部分，年最大連續不降雨日數各地有增加的趨勢，最劣情境（SSP5-8.5）下，21世紀中、末平均增加幅度約為5.5%、12.4%；理想減緩情境（SSP1-2.6）下，21世紀中、末減少幅度約為1.8%、0.4%。（圖2-9）

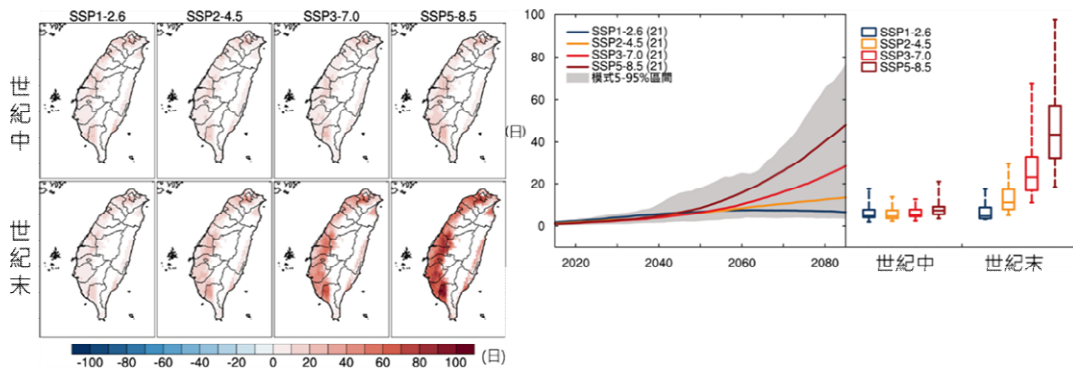


圖2-5、臺灣未來高溫超過36°C 空間分布與年高溫日數推估

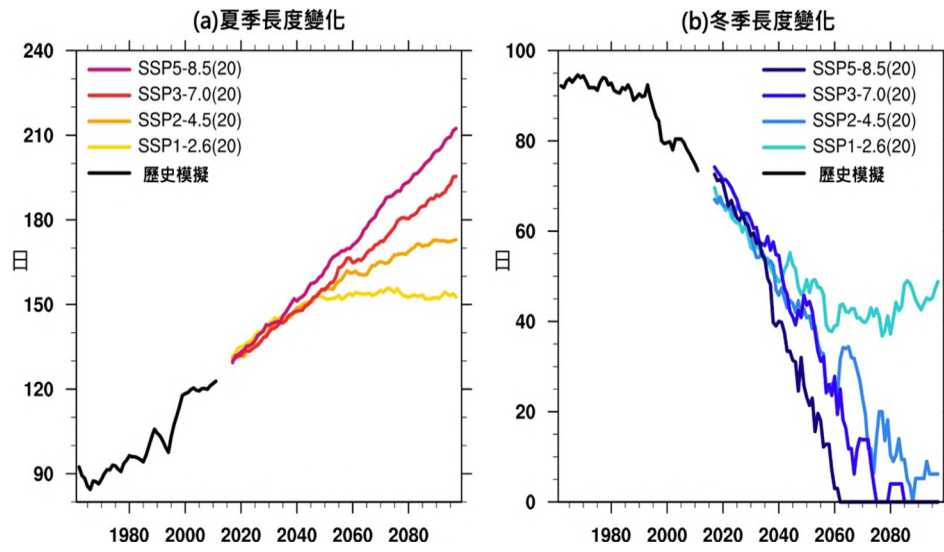


圖2-6、臺灣未來季節長度推估

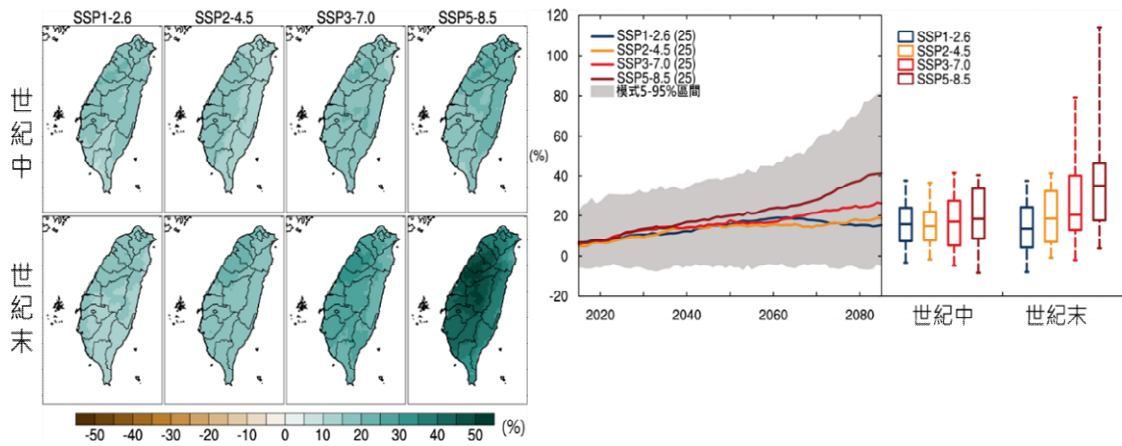


圖2-7、臺灣未來年最大1日暴雨空間分布與強度推估

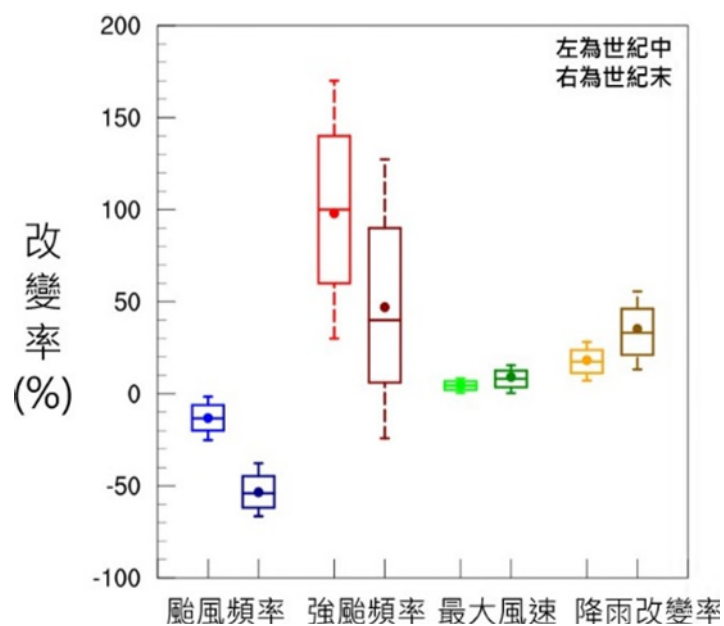


圖2-8、臺灣未來颱風特性變化趨勢推估

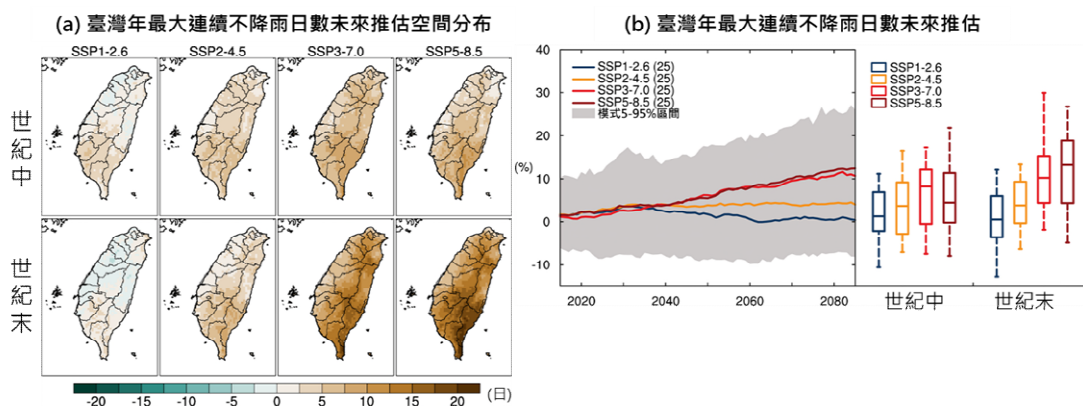


圖2-9、臺灣未來連續不降雨變化趨勢推估

2.2 本領域之氣候變遷衝擊

一、氣候變遷對於海洋與海岸之影響

依據 IPCC 第六次評估報指出過去自1750年以來的溫室氣體排放，造成未來全球海洋的升溫。在21世紀剩下的時間裡，海洋升溫的幅度，可能是1971~2018年變化的2~4倍(SSP1-2.6)到4~8倍

(SSP5-8.5)。根據多條證據顯示，上層海洋分層(幾乎確定)、海洋酸化(幾乎確定)和海洋缺氧(高度信心)，將在21世紀持續增加，其速度取決於未來的排放量。全球海洋溫度、深層海洋酸化及缺氧的變化，在百年內至千年內是不可逆的。

由於氣溫升高，2014至2017年發生全球珊瑚礁白化事件(Hughes et al. 2017a, 2017b, 2018)¹；從2016至2017年，澳洲大堡礁珊瑚亦因異常高溫導致珊瑚白化且造成1/3珊瑚死亡(Hughes et al. 2017a, b)。另位於西印度洋查戈斯群島(Chagos Archipelago)在2015至2016年之連續珊瑚白化事件中損失近60%之珊瑚，覆蓋率從2012年之30%降至2016年之12%，世界各地接連因氣候變遷所導致之極端高溫發生珊瑚白化情形，顯見氣候變遷調適之重要性。

二、氣候變遷對臺灣海岸地區的衝擊影響

氣候變遷所衍生的各類衝擊因子對臺灣不同部門與領域所造成衝擊有其差異，但可初步歸納於我國具潛在顯著影響之因子為：溫度(熱與冷)、降雨(濕與乾)、海岸與海洋(海平面上升、海洋熱浪、酸化等)。透過了解降雨、海平面上升等變化趨勢，有助於推動海岸及海洋領域調適目標建立：

(一)降雨變化趨勢及其衝擊²

未來暖化情境下極端降雨強度增加、侵臺颱風機率降低與降雨型態改變(全臺極端降雨、全臺連續不降雨日數、侵臺颱風頻率，參考 WGI 重點摘要報告)。依據未來降雨趨勢推估，可能帶來的衝擊如下：

1. 淹水：全臺極端降雨(最大24小時累積雨量之95百分位數值)，除中部地區於世紀中略為減少，其他區域皆呈現增加趨勢。以臺北、宜蘭、臺南、高屏四分區淹水發生機

¹ 海洋委員會海洋保育署，108年度珊瑚礁生態系調查計畫成果報告書。

² 參考2022.3.1 科技部 IPCC 氣候變遷第六次評估報告「衝擊、調適與脆弱度」之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷衝擊評析更新報告

率為例(以現有條件進行模擬)，世紀中較基期之淹水機率呈現持平或略為增加，世紀末增加幅度更為明顯(圖2-10)。

(a)極端降雨變化趨勢

(b)四個分區淹水發生機率變化趨勢

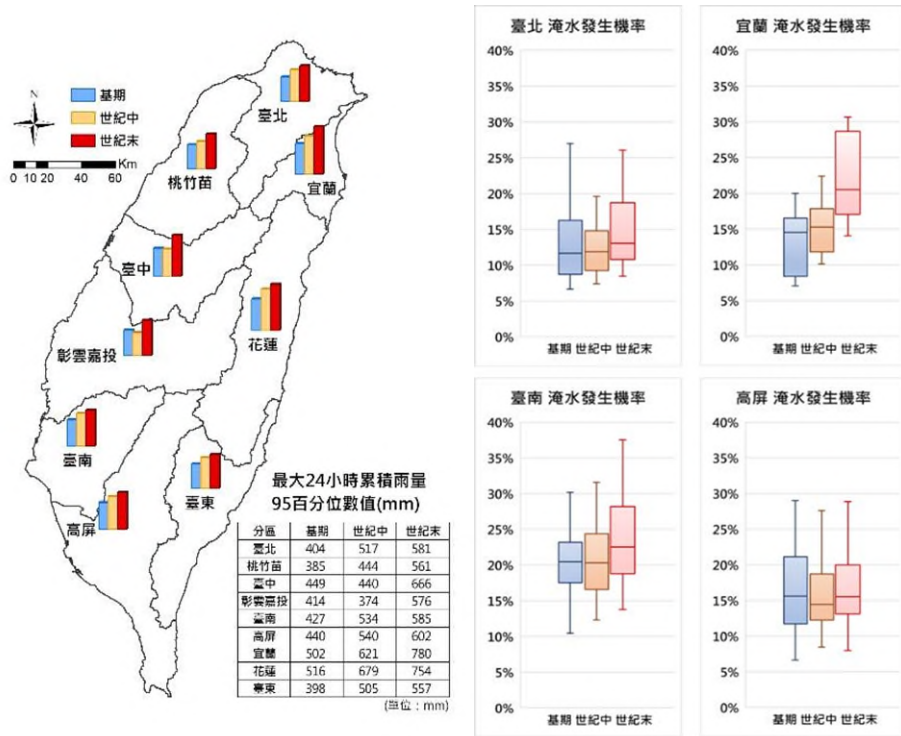


圖2-10 極端降雨與淹水發生機率未來變化趨勢

(二)颱風變化趨勢及其衝擊

未來最劣暖化情境(RCP8.5)下，世紀末颱風風速約增強2%~12%，平均增強8%(請參考WGI重點摘要報告)。因其先天地理環境，全臺沿岸地區颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，颱風暴潮衝擊則以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，故於升溫情境下，其衝擊皆高於其他地區。進行未來颱風風浪與颱風暴潮的衝擊模擬評估，對近海風浪及海岸暴潮可能帶來的衝擊如下：

1. 風浪：全臺沿岸地區颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，升溫情境下，其衝擊增加率亦高於其他地區(圖2-11(a))。
2. 暴潮：全臺沿岸地區颱風暴潮衝擊以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，升溫情境下，其衝擊增加率亦高於其他

地區(圖2-11(b))。

(a)全臺颱風風浪衝擊程度

(b)全臺颱風暴潮衝擊程度

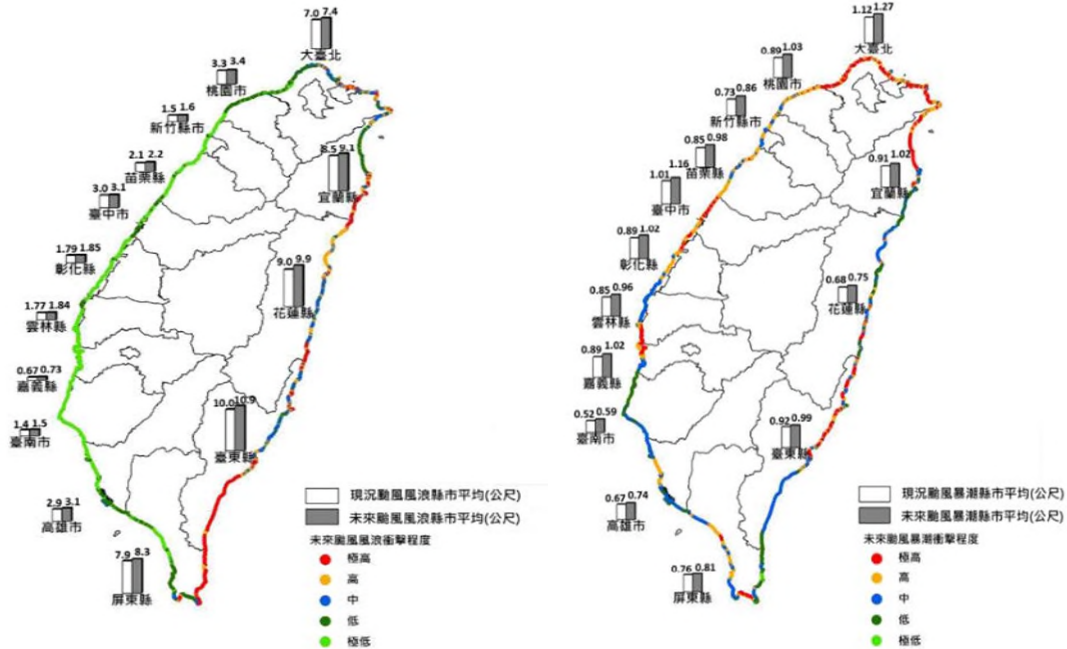


圖2-11 海岸地區未來颱風風浪與颱風暴潮衝擊變化趨勢

(三)海平面上升變化趨勢及其衝擊

1. 海平面上升:

全球暖化氣候變遷使得海水體積因熱膨脹、加上冰河、高山、格林蘭及極地冰層融解，造成海平面上升，臺灣沿海海平面上升問題應屬於全球性的問題，因此同樣面臨海平面上升的威脅。依據聯合國政府間氣候變化專業委員會 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 公佈之第六次評估報告(AR6)，西元1901年至1971年間海水位上升速率約為1.3mm/yr，增加至1971年至2006年間的1.9mm/yr，並在2006年至2018年間進一步增加至3.7mm/yr。1901年至1971年間，全球海平面已上升0.2公尺，推估21世紀末之氣候暖化將造成全球平均海平面持續上升。在溫室氣體排放量最理想情境下，到2100年海平面將上升0.28~0.55公尺；在最壞情境下，海平面將上升2公尺。

依據 IPCC AR6 升溫 2°C 情境顯示，臺灣周邊海域海平面上升約0.5公尺，於升溫 4°C 情境將導致海平面上升1.2公尺。以大臺北地區為例，海平面上升可能導致溢淹地區，主要位於淡水河出海口一帶，於現有堤防保護下，都市區域影響相對較小。西南沿海地區以臺南地區為例，海平面上升可能導致溢淹地區集中在地勢較低窪處，尤以沿海養殖魚塢、濕地、沙洲等地區為甚（圖2-12）。

(a) 海平面上升0.5公尺溢淹衝擊圖

(b) 海平面上升1.2公尺溢淹衝擊圖

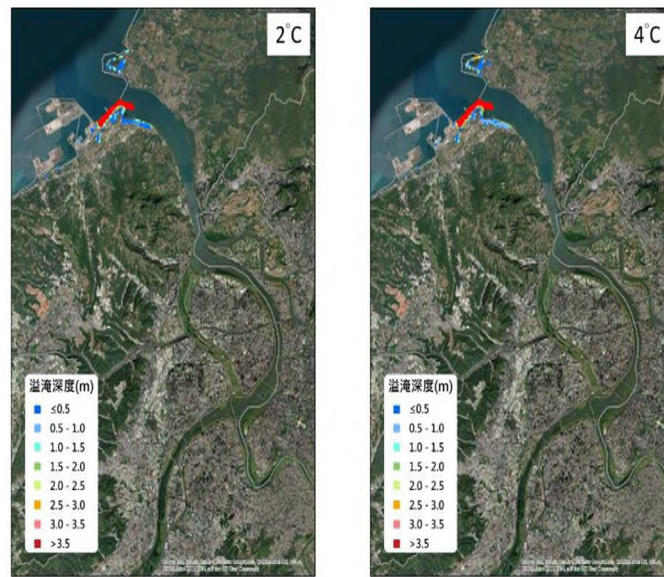


圖2-12 大臺北地區未來海平面上升變化趨勢

(a) 海平面上升0.5公尺溢淹衝擊圖

(b) 海平面上升1.2公尺溢淹衝擊圖

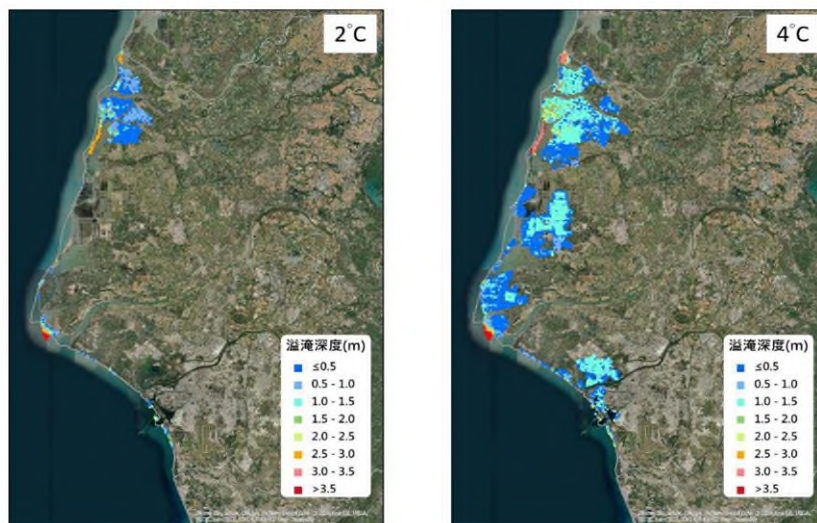


圖2-13 臺南地區未來海平面上升變化趨勢

2. 海洋熱浪：

暖化氣候造成全球海水溫度異常上升、海水異常酸化，致海洋生物棲地環境變化及珊瑚礁白化，因此各國同樣面臨海洋狀態異常之威脅。於 IPCC 模擬之全球暖化最劣情境(SSP5-8.5)下，21世紀中、末之年平均氣溫可能上升超過 1.8℃、3.4℃；理想減緩情境(SSP1-2.6)下，可能增加 1.3℃、1.4℃，全球暖化連帶海水溫度隨之升高。

3. 珊瑚白化：

臺灣島嶼周邊之珊瑚礁經常受到各式擾動(異常高溫)影響，不同擾動的規模與尺度皆不同，珊瑚白化事件並可能同時影響多個地區之珊瑚礁，相關調查結果如下表³。足見海洋異常高溫與珊瑚族群白化、死亡之關聯性。有關擾動(異常高溫)對於珊瑚礁造成之損害以及後續所需恢復之時間尚無法明確評估。

表2-1 1986至2018年異常溫度(高溫)白化事件影響臺灣珊瑚

年份	擾動類型	影響地區	影響說明
1998	異常溫度(高溫)白化事件	綠島、蘭嶼、墾丁、小琉球、澎湖、東沙環礁	澎湖：30-40%珊瑚白化。蘭嶼(水表~20公尺深水域)：80%珊瑚白化、死亡率約20%。
2002	異常溫度(高溫)白化事件	台東、墾丁	白化地點：墾丁萬里桐、後壁湖、香蕉灣。台東石梯坪、三仙台。
2007	異常溫度(高溫)白化事件	墾丁、小琉球	墾丁：出水口有50%白化；恆春半島西岸和南灣內約25%白化。小琉球約5~30%白化。
2010	異常溫度(高溫)白化事件	蘭嶼、墾丁	蘭嶼西南面和墾丁核三廠出水口淺區發生小規模白化。

³ 海洋委員會海洋保育署，108年度珊瑚礁生態系調查計畫成果報告書。

年份	擾動類型	影響地區	影響說明
2014	異常溫度 (高溫)白 化事件	墾丁	白化最嚴重的墾丁核三廠出水口0-5米約60%白化，10米深約20%白化。國家公園內其他地點平均約30%白化。
2016	異常溫度 (高溫)白 化事件	綠島、蘭嶼、 墾丁、澎湖、 東沙環礁	從墾丁核三廠出水口到南灣沙灘間發生輕微的白化。澎湖南海的東吉島和西吉島約2000平方公尺以葉片形表孔珊瑚為主 Montipora 的珊瑚發生白化。
2017	異常溫度 (高溫)白 化事件	墾丁、小琉球	恆春半島西岸發生小規模白化
2020	異常溫度 (高溫)白 化事件	臺灣北部、東 部、南部、西 部、東沙島和 南沙太平島	臺灣北部、東部、南部、西部、東沙島和南沙太平島皆發生有記錄以來最嚴重且範圍最廣之珊瑚大白化事件。

4. 魚群遷徙：

2022年海洋委員會海洋保育署與國立臺灣大學研究團隊透過潛水方式採集海水並進行環境DNA分析，於臺灣東部海域亞熱帶礁岩區的烏石鼻樣點共紀錄42種海洋魚類。經進一步與其他以熱帶專化魚種的研究結果比對，其中有9種魚類、21%是屬於熱帶專化魚種，意即東部海域珊瑚礁生態系之魚類相已因氣候變遷下之全球暖化現象改變。